

# 고속 순광학적 AND Logic Gate

## Fast All-Optical AND Logic Gates

유연석, 오세권, 신정록\*, 김동균\*\*  
 청주대학교 광학공학과, \*주성대학교 전자공학과, \*\*그린광학(주)  
 ysyu@chongju.ac.kr

순광학적 스위치와 logic gate는 초고속 networks와 컴퓨터를 위한 차세대의 기술로 부각되고 있다. 현재 사용되고 있는 전자적인 switching, routing, 신호 처리들은 대용량 고속화에 그 한계를 나타내고 있다. 미래에 요구되는 초고속 광 네트워크의 계획은 광학 스위치와 광 변조장치가 필요하다는 것을 지적하고있다. 최근에 전자나 광전자적으로 가능한 것 이상으로 미래에 요구되는 Tera bits/sec에 접근할 수 있는 고속 연산과 신호처리가 가능한 스위칭에 관한 연구가 활발이 진행되고 있다.<sup>[1]</sup> 이러한 속도를 위해 엄청난 잠재적 유용성을 가진 순광학적 스위치와 변조기는 fiber, channel, 그리고 도파관에 의해 구현되었다.<sup>[2,3]</sup> 최근에 광학적 장치에 사용하기 위해 다양한 광학적 성질을 가지고 있는 새로운 광학 물질을 탐색하였는데 많은 관심을 가지고 있다. 그런 광학 장치는 광학적 전달, 광학 컴퓨터, 그리고 광신호처리 같은 상업적 응용을 위해 매우 중요하다. 순광학적 스위칭은 광학빔 또는 pulse와 또 다른 광빔과 pulse의 제어에 의해서 구현할 수 있다. 여기서 박막을 이용한 순광학적 스위치는 logic gate로 만들어진다. 이 스위치는 Bacteriorhodopsin(bR)에 기초를 두고 있다. Bacteriorhodopsin(bR)은 호염성 미생물의 purple membrane(PM)에 있는 광변환 단백질이며, photocromic retinal 단백질을 포함하고 있는 bR은 Halobacterium Salinarian의 세포막에서 발견하였다.<sup>[4]</sup>

bR은 가시광 스펙트럼의 넓은 영역에서 강한 흡수를 나타낸다. PM내부에 고정되어 있는 retinal chromophore에 의해 빛 에너지가 흡수되면, bR은 분광학적으로 구분되는 몇 단계의 중간단계로 구성된 복잡한 광순환 과정을 수반하게 된다.<sup>[5]</sup>

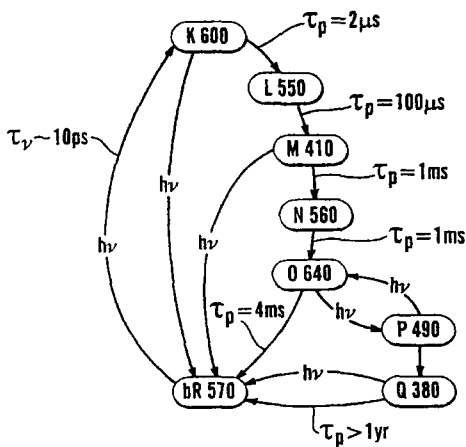


그림1. Photocycle of Bacteriorhodopsin(bR)

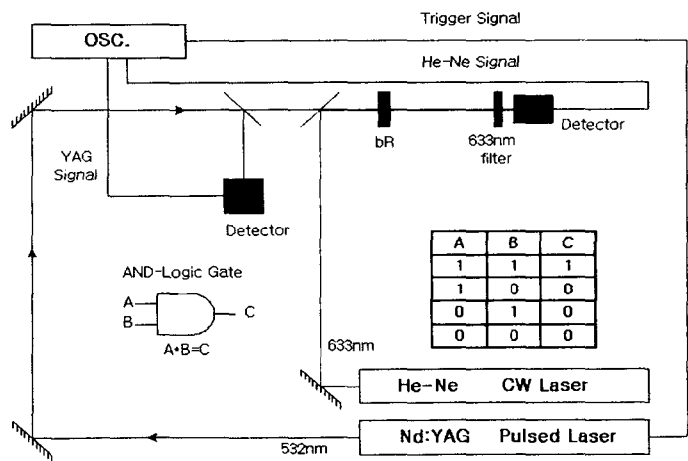


그림2. Fast All-Optical AND Logic Gate

Photocycle에서 들뜬 M상태는 가장 긴 수명을 가지고 413nm에서 흡수가 최대가 된다. 하지만 K상태에서는 p sec 정도의 짧은 수명을 가지며 그것의 흡수 최대치는 600nm로 이동된다. 이러한 특성을 이용하여 고속 순광학적 AND Logic Gate를 bR이 흡수된 고분자 막을 사용하여 구현하였다. 박테리아로 돌진의 photocycle은 그림1에서 보여진다.

bR필름에서 AND Gate를 검증하기 위해 bR이 흡수된 고분자 film의 박막에 동일선상에서 있는 두 laser beam을 겹쳐서 투과하게 했다. 4ns의 pulse duration을 가진 Nd:YAG laser의 제2고조파인 532nm와 6328Å의 cw He-Ne laser의 beam을 사용했다. 두 동일 선상에 있는 beam은 서로 겹쳐서 bR film을 투과한다. Photo detector 앞에 narrow band filter를 설치하여 532nm의 beam은 차단하고, He-Ne beam만 통과시켰다. 투과된 beam은 Photo detector와 300MHz의 오실로스코프에 의해 측정되었고, 장치의 구성도가 그림2에 보여진다.

bR상태와 K상태간의 p sec order의 가역적 순환과정을 이용하기 위해 Nd:YAG laser의 제2고조파인 532nm pulse로 bR을 pumping하여 순환과정을 유도하였다. 파장이 6328Å인 He-Ne laser 광을 탐사광으로 하여 유도된 K상태에 의한 흡수도 변화를 이용하여 고속 순광학적 AND logic gate신호를 구현하였다.

고분자 matrix에 침투시킨 bR의 광반응 Photocycle특성을 이용하여 bR상태와 K상태의 흡수특성과 광투과도, pumping에 의한 수밀도 변화 특성을 이용하여 고속 순광학적 AND logic gate를 구현하고 이들의 특성을 비교하였다. 그림3에서 보는 바와 같이 bR상태와 K상태의 흡수 스펙트럼을 고려하여 파장이 6328Å인 He-Ne laser와 Nd:YAG laser의 제2고조파인 532nm를 사용하여 pulse 여기후의 투과도 변화에 의한 고속 순광학적 AND logic gate의 결과를 실험을 통해 안정적으로 구현하였다.

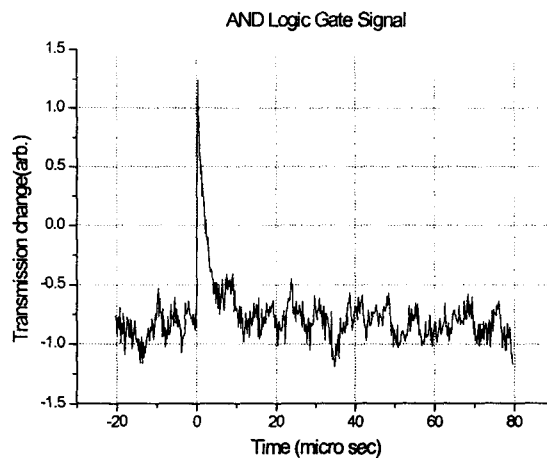


그림3. AND logic gate signal

본 연구는 과학기술부, 한국과학재단지정 청주대학교 정보통신 연구센터의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

1. P.W.E. Smith, Nonlinear optical properties of advanced Materials, SPIE proceedings, Vol. 1852, (1993).
2. S. Nakamura, K. Tajima, Y. Sugimoto, Appl. phys. lett.66, 2475. (1995).
3. G.R. Williams, M. Vaziri, Opt. Lett. 20, 1671 (1995).
4. D. Cesterhelt, W. Stoeck enius, Nature 233, 149. (1971).
5. H. Takei, Z. chen, A. Lewis, I. Nabenzahl, Appl. Opt. 30, 500 (1991).